

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

C23C 16/50

C23C 16/50

F 4K030

16/26

16/26

A 5F045

// H01L 21/205

H01L 21/205

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全7頁)

(21) 出願番号 特願平10-349656

(22) 出願日 平成10年12月9日 (1998. 12. 9)

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 徳永 裕之

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(72) 発明者 山本 浩

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(74) 代理人 100091948

弁理士 野口 武男

最終頁に続く

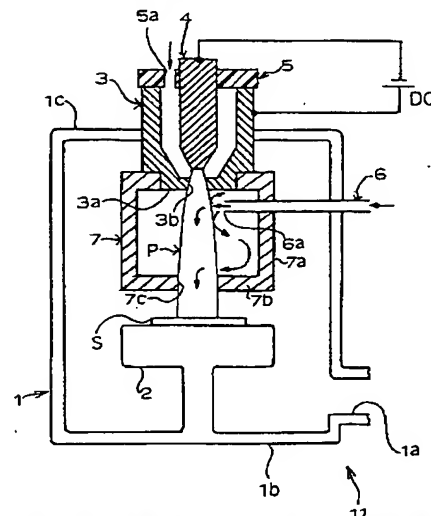
(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【要約】

【課題】 供給された原料ガスを無駄なくプラズマ化でき、且つ、プラズマジェットの高エネルギーを維持し、活性種濃度が高濃度のプラズマジェットを基板に作用させ、成膜速度を向上させる。

【解決手段】 成膜装置(11)は成膜室(1)内に基板支持台(2)が配され、同基板支持台(2)に対向してプラズマ発生部が配されている。前記プラズマ発生部では、放電陽極(3)と放電陰極(4)との間でアーク放電を行い、キャリアガスの導入孔(5a)から供給されたキャリアガスをプラズマ化し、前記放電陽極(3)に形成された開口(3b)から、基板(S)へ向けてプラズマジェット(P)を噴き出す。前記開口(3b)の下方には、原料ガス導入管(6)が配され、前記プラズマジェット(P)に向けて原料ガスが供給される。更に、前記開口(3b)に隣接して、前記基板支持台(2)の直上位置に出口(7c)を有する密閉空間(7)を設け、プラズマジェットから逃げた原料ガスを再びプラズマジェット(P)に供給する。

1 成膜室	4 放電陰極	11 成膜装置
1a 排気口	5 絶縁性部材	S 基板
1b 床部	5a キャリアガス導入孔	P プラズマジェット
1c 上壁部	6 原料ガス導入管	DC 直流電源
2 基板支持台	6a 原料ガス吹出口	
3 放電陽極	7 密閉空間	
3a 底部	7a 側壁	
3b 開口	7b 底壁	
	7c 出口	



本発明の第1実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板支持台を有する成膜室と、同成膜室の前記基板支持台に向けて開口を有し、アーク放電によりキャリアガスをプラズマ化させるプラズマ発生部と、前記プラズマ発生部にて発生するプラズマジェットに原料ガスを導入する原料ガス導入口とを備えてなる成膜装置であって、

前記基板支持台の直上位置に出口を有し、同出口と前記開口との間に前記プラズマジェットと前記原料ガスとを混合するための密閉空間を形成してなることを特徴とする成膜装置。

【請求項2】 前記密閉空間における前記出口の断面寸法は、前記プラズマジェットの径よりも小さく設定されてなる請求項1記載の成膜装置。

【請求項3】 前記密閉空間は、それぞれが単一のプラズマ通過孔を有する一以上の隔壁により前記プラズマジェットを横断する方向に仕切られてなる請求項1又は2記載の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマジェットによって基板の表面にアモルファスシリコン、多結晶シリコン、ダイヤモンド、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）、CBN等の機能性薄膜を形成する成膜装置に関するものであり、更に詳しくは、アーク放電により前記薄膜を高速で形成することのできる成膜装置に関する。

【0002】

【従来の技術】機能性薄膜の成膜装置として、例えば、特公平4-77710号公報には直流アーク放電熱プラズマジェットによるダイヤモンドの気相合成装置が開示されている。同公報に開示された気相合成装置では、底部に円形の開口が形成された有底円筒形状をなす陽極の軸中心に棒状の陰極を配し、同陰極と前記陽極との間に直流電圧を印加して、アークを放電させる。このとき、前記陽極と陰極との間にはキャリアガスと原料ガスとの混合ガスが供給され、この混合ガスがアーク放電によりプラズマ化され、同陽極の開口から基板に向けてプラズマジェットが噴出し、基板表面には薄膜が形成される。

【0003】このように、原料ガスはプラズマ化され難いため、水素などのキャリアガスと混合して陽極と陰極との間に供給し、原料ガスのプラズマ化を促進している。しかしながら、供給された全ての原料ガスをプラズマ化することは困難であるため、プラズマジェット内の原料ガス濃度は低く、成膜速度も遅くなる。

【0004】そのため、同公報に開示された他の気相合成装置では、前記陽極と前記陰極との間にキャリアガスのみを供給してプラズマ化し、同陽極の開口から噴き出したプラズマジェットに向けて、原料ガス供給管から原料ガスを吹き付けている。このように、プラズマジェッ

トに原料ガスを供給することにより、同原料ガスを高効率でプラズマ化しようとしている。

【0005】しかしながら、前記開口から噴き出すプラズマジェットは、ガス圧が高く、且つ強い勢いで噴出されるため、同プラズマジェットの周囲から吹き付けられた原料ガスの一部は、同プラズマジェットの勢いにより押し戻されてしまう。そのため、全ての原料ガスを前記プラズマジェット内に吹き込むことができず、一部の原料ガスはプラズマ化されずに処理室内に拡散してしまう。このように、原料ガスをプラズマジェットに向けて供給する場合でも、全ての原料ガスを効率よくプラズマ化することはできず、成膜速度を高めることはできない。

【0006】そこで、例えば特開平2-248397号公報に開示されたダイヤモンドの製造装置では、傾斜した底部の中心に開口を有する有底円筒形状をなす陽極の軸中心に、棒状の陰極を配し、前記陽極と陰極との間でアークを放電させて、キャリアガスをプラズマ化している。更に、同公報の製造装置では、前記陽極を、同陽極と同様に傾斜した底部の中心に開口を有し、且つ前記陽極よりも大径の有底円筒形状をなすノズル体の軸中心に配している。このノズル体と前記陽極との間は原料ガスの供給路を構成している。そのため、前記陽極の開口と前記ノズル体の開口とのスリット状の出口から前記原料ガスが吹き出し、前記陽極の開口からプラズマジェットが吹き出した直後に、同プラズマジェットに向けその全周から原料ガスが供給される。

【0007】このように、同公報に開示されたダイヤモンドの製造装置では、前記陽極の開口の直下に配されたスリット状の出口から、プラズマジェットの全周に向けて直交する方向から原料ガスを供給しているため、従来よりも効率よく原料ガスをプラズマジェット内へ吹き込むことができる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、依然として原料ガスの一部は、ガス圧が高く、勢いの強い前記プラズマジェットに跳ね返されたり、前記ノズル体の開口からすり抜けて、成膜室内へと拡散されてしまい、供給された全ての原料ガスをプラズマ化することはできず、原料ガスの無駄が生じる。更には、前記ノズル体の開口から成膜室の広い空間へと吹き出されたプラズマジェットは、基板へ到達するまでの間にプラズマジェットの熱エネルギーが輻射によりプラズマジェットの外部へと逃げてしまう。そのため、プラズマジェット全体の活性度が下がり、基板へ到達したときのプラズマジェット内での成膜に有効な活性種の濃度が低くなるため、成膜速度も低下してしまう。

【0009】本発明はかかる従来の問題を解決すべくなされたものであり、供給された原料ガスの全てをプラズマ化し、原料ガスの無駄をなくして効率よく原料ガスを

成膜に寄与させると共に、プラズマジェットの高エネルギーを維持し、活性種濃度が高濃度のプラズマジェットを基板に作用させることができ、成膜速度を向上させることを目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段及び作用効果】かかる目的を達成するために、本発明は、基板支持台を有する成膜室と、同成膜室の前記基板支持台に向けて開口を有し、アーク放電によりキャリアガスをプラズマ化させるプラズマ発生部と、前記プラズマ発生部にて発生するプラズマジェットに原料ガスを導入する原料ガス導入口とを備えてなる成膜装置であって、前記基板支持台の直上位置に出口を有し、同出口と前記開口との間に前記プラズマジェットと前記原料ガスを混合するための密閉空間を形成してなることを特徴とする成膜装置を主要な構成としている。

【0011】前記成膜装置によれば、前記プラズマ発生部においてアーク放電によりキャリアガスをプラズマ化し、このプラズマ化されたキャリアガスは同プラズマ発生部の前記開口からプラズマジェットとして噴出する。このプラズマジェット内に原料ガスを供給して同原料ガスをプラズマ化し、基板の成膜に寄与する活性種とする。

【0012】前記開口から噴出したプラズマジェットに原料ガスを供給する際に、前記プラズマジェットはガス圧が高く、噴出勢いが強いいため、同プラズマジェットに供給された原料ガスの一部は、前記プラズマジェット内に取り込まれることなく、押し返されることとなる。しかしながら、本発明の成膜装置では、前記基板支持台の直上位置に出口を有し、同出口と前記開口との間に密閉空間を形成しているため、前記プラズマジェットから押し返された前記原料ガスは、成膜室に拡散することなく前記密閉空間内に止まり、再びプラズマジェットに供給される。そのため、供給された原料ガスの殆ど全てをプラズマジェット内へと取り込むことが可能となり、原料ガスを無駄なくプラズマ化して成膜に寄与させることができる。

【0013】更に、前記開口から噴き出したプラズマジェットを前記基板支持台の直上位置まで密閉空間により囲むことにより、前記プラズマジェットの熱エネルギーが輻射により同プラズマジェットの外部へと逃げるのを抑制することができる。そのため、前記プラズマジェットは基板表面に到達するまで、その活性度を高い状態で維持することができ、成膜に有効な活性種の濃度を高濃度に保つことが可能となる。なお、プラズマジェットの熱エネルギーをより高い状態で保持するためには、前記密閉空間を断熱性の高い材料を使用して形成することが好ましい。

【0014】前記密閉空間における前記出口の断面寸法は、前記プラズマジェットの径よりも小さく設定するこ

とが好ましい。このように前記出口の寸法をプラズマジェットの径よりも小さく設定することで、プラズマジェット内に一旦、取り込まれた原料ガスが再びプラズマジェットの外部へと逃げるのを効果的に阻止でき、プラズマジェットが基板へ到達するまで、原料ガスの活性種をプラズマジェット内へ高濃度で保持することが可能となる。

【0015】前記密閉空間は、それぞれが単一のプラズマ通過孔を有する一以上の隔壁により前記プラズマジェットを横断する方向に仕切られていることが好ましい。このように、前記密閉空間を隔壁で仕切り、更に小さな複数の密閉領域を形成することにより、プラズマジェットから押し返された原料ガスを、更に効率よくプラズマジェットに再び供給することが可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、好適な実施例を参照して具体的に説明する。図1は本発明の第1実施例である成膜装置11の概略を示す縦断面図である。前記成膜装置11は成膜室1を有し、同成膜室1は真空となるよう排気口1aから排気されている。更に、同成膜室1の床部1bには基板支持台2が設置されており、同基板支持台2の表面には基板Sが載置されている。なお、前記基板支持台2の内部には、前記基板Sを所定の温度に維持するための温度調節機構を備えている。

【0017】更に、前記成膜室1には前記基板支持台2に対向する上壁部1cに、プラズマ発生部である放電陽極3と放電陰極4とが配されている。前記放電陽極3は底部3aに開口3bを有する導電性をもつ底円筒体からなり、その軸中心に棒状の放電陰極4が配されている。前記放電陽極3及び放電陰極4の上部は、キャリアガス導入孔5aをもつ絶縁性部材5により閉塞されている。

【0018】前記放電陽極3と前記放電陰極4とは直流電源DCに接続されており、両極3、4に直流電圧を印加することにより、両極3、4間にアーク放電が生じる。このアーク放電により、前記キャリアガス導入孔5aから導入されたキャリアガスがプラズマ化され、前記放電陽極3に形成された開口3bからプラズマジェットPが噴出する。

【0019】前記成膜室1内における前記放電陽極3の下方には、前記プラズマジェットPの噴出方向に直交する方向に原料ガス導入管6が配されている。同導入管6の原料ガス吹出し口6aは、前記放電陽極3に形成された前記開口3bの直下位置に向けて開口し、前記開口3bから噴出するプラズマジェットPに、同プラズマジェットPに直交する方向から原料ガスを供給し、前記原料ガスをプラズマ化する。なお、図示実施例では、前記原料ガス導入管6は一本であるが、前記プラズマジェットPの中心から放射状に複数本、配することもできる。ま

た、前記プラズマジェットPのガス圧や噴出の勢いに応じて、前記原料ガス導入管6を前記プラズマジェットPの噴出方向に傾斜させたり、或いは、前記プラズマジェットPに直交させずに同プラズマジェットPの周方向に供給するなどの、適宜の変更がなされてもよい。

【0020】更に、本発明にあっては、前記プラズマジェットPが噴出する前記開口3bと、前記基板支持台2との間に、同基板支持台2の直上位置に出口7cを有する密閉空間7が、プラズマジェットPと前記原料ガスとを混合するために形成されている。前記密閉空間7は、円筒状の周壁7aと出口7cを有する底壁7bとから構成され、前記周壁7aの上端は前記放電陽極3の底部3aに嵌合した状態で、同陽極3に直接に取り付けられている。従って前記密閉空間7の周壁7a及び底壁7bは前記放電陽極3と電気的に接続されており、同電位となっている。

【0021】前記密閉空間7の出口7cは、断面寸法がプラズマジェットPの径よりも小さく設定されている。また、前記密閉空間7を形成する前記周壁7a及び底壁7bには例えばタングステン、タンタル、カーボン、モリブデン等の熱伝導率が低く断熱性の高い、高融点の材料を使用している。

【0022】前記放電陽極3に形成された開口3bから吹き出したプラズマジェットPに、前記原料ガス導入管6から原料ガスを供給すると、その一部は前記プラズマジェットP内に取り込まれるが、一部は前記プラズマジェットPのガス圧によりプラズマジェットの外部へと押し戻されてしまう。このようにプラズマジェットPの外に逃れた原料ガスは、前記密閉空間7内へ拡散するが、図1に矢印で示すように、前記原料ガスは同密閉空間における前記周壁7aや底壁7bにより反射されて再びプラズマジェットPへと衝突し、プラズマジェットP内へ取り込まれる。そのため、供給された原料ガスの殆ど全てをプラズマジェットP内へと取り込むことができ、原料ガスを無駄なくプラズマ化して成膜に寄与させることが可能となる。

【0023】また、前記密閉空間7の出口7cはその寸法がプラズマジェットPの径よりも小さく設定しているため、一旦、プラズマジェットP内に取り込まれた原料ガスを再度、プラズマジェットPの外部へと逃がすことなく、プラズマジェットPが基板へ到達するまで、プラズマジェットP内へ止まらせることができる。

【0024】このように、本発明の成膜装置は前記密閉空間7を有しているため、プラズマジェットPの外部へと逃れた原料ガスを効率良く再びプラズマジェットPへ供給することができ、しかも、一旦、プラズマジェットP内へ取り込まれた原料ガスを逃がすことなく、プラズマジェットP内に止まらせることができるため、プラズマジェットP内の原料ガスの濃度が高くなり、成膜速度

が向上する。

【0025】更に、前記開口3bから吹き出したプラズマジェットPを前記密閉空間7のような狭い空間で囲むことにより、また、同密閉空間7を構成する前記周壁7a及び底壁7bに断熱性の高い材料を使用することにより、前記プラズマジェットPの熱エネルギーが輻射により外部へと逃げるのを抑制することができる。そのため、前記プラズマジェットPが基板表面に到達するまで、その活性度を高い状態で維持することができ、成膜に有効な活性種の濃度を高濃度に保つことが可能となる。従って、成膜速度も更に向上し、従来の密閉空間7をもたない成膜装置と比べて、その速度が2倍以上となる。

【0026】以下、本発明の他の実施例について述べる。なお、以下の実施例において、上述した第1実施例による成膜装置11と同一の構成については同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

【0027】図2は本発明の第2実施例である成膜装置12の一部概略を示す縦断面図である。本実施例による成膜装置12では、前記密閉空間7'を形成する周壁7a'を、上端から下端へ向けて径が漸減するテーパ状としている。このように、前記周壁7a'をテーパ状とすることにより、プラズマジェットPから逃れた原料ガスは再び前記プラズマジェットPへ向けて積極的に案内され、原料ガスをプラズマジェットP内へ円滑に取り込ませることができ、成膜速度も向上する。

【0028】図3は本発明の第3実施例である成膜装置13の一部概略を示す縦断面図である。本実施例による成膜装置13は、成膜室1の上壁部1cに、底部に円形の開口8aが形成された有底円筒体8が取り付けられている。この有底円筒体8の軸中心には前記放電陽極3が僅かな間隙8bをもって配されている。前記有底円筒体8の上端部は、一部に原料ガス導入孔8cを形成した状態で、前記放電陽極3の上部外壁面に密着して固定されている。前記原料ガス導入孔8cから導入された原料ガスは、前記間隙8bを通して、前記放電陽極3に形成された開口3bから噴出したプラズマジェットPの全外周に向けて供給される。

【0029】更に、前記有底円筒体8の下端には密閉空間7が設けられている。この密閉空間7を構成する周壁7aは、前記有底円筒体8の底部に嵌合させた状態で直接に取り付けられている。従って、前記密閉空間7を構成する前記周壁7a及び底壁7bも、前記有底円筒体8を介して前記放電陽極3と電気的に接続されており、前記密閉空間7、有底円筒体8及び放電陽極3が全て同一の電位となっている。

【0030】本第3実施例の成膜装置13では、前記放電陽極3の外側に有底円筒体8を配し、前記放電陽極3に形成された開口3bから噴き出したプラズマジェットPに、全周から原料ガスを供給することができるため、

より多くの原料ガスをプラズマジェットP内に効率よく取り込むことができる。しかしながら、同実施例にあっても、供給された原料ガスの一部は、ガス圧の高いプラズマジェットPに押し返されて、プラズマジェットPの内部に取り込まれることなく、前記有底円筒体8の開口8aから密閉空間7へと逃げ出してしまう。この密閉空間7へと逃げ出た原料ガスは、図3に矢印で示すように、前記密閉空間7を構成する周壁7a等で反射して再びプラズマジェットPへと供給され、プラズマジェットP内へ取り込まれる。

【0031】図4は本発明の第4実施例である成膜装置14の一部概略を示す縦断面図である。本実施例による成膜装置14は、前記放電陽極3の外側に間隙8bをもつて有底円筒体8が配されており、同有底円筒体8の上部に形成された原料ガス導入孔8cから原料ガスを導入する。その原料ガスは前記間隙8bを通過して、前記放電陽極3の開口3bから噴出したプラズマジェットPの全外周に向けて供給される。更に、前記成膜装置14では前記有底円筒体8の下方に、前記プラズマジェットPの噴出方向に直交する方向に原料ガス導入管6が配されており、前記有底円筒体8の開口8aから噴出したプラズマジェットPに向けて、更に、原料ガスが供給される。

【0032】このように、原料ガスを二段階で供給することにより、更に多くの原料ガスを前記プラズマジェットPに供給することができ、プラズマジェットP内での成膜に寄与する活性種の濃度を高めることができる。そのため、成膜速度も著しく向上する。

【0033】図5は本発明の第5実施例である成膜装置15の一部概略を示す縦断面図である。本実施例による成膜装置15も、前記放電陽極3の前記開口3bと前記基板支持台2との間に密閉空間7''が配されている。前記密閉空間7''は、上述した第1実施例と同様に、同空間7''を構成する円筒状周壁7aが、その上端において前記放電陽極3の底部3aに取り付けられており、同周壁7aの下端は、出口7cを有する底壁7bにより閉塞されている。

【0034】更に、本実施例の密閉空間7''はその中央において、中心に単一のプラズマ通過孔7eを有する隔壁7dにより、プラズマジェットPを横断する方向に仕切られており、上下2つの密閉領域が形成されている。各密閉領域にはそれぞれ、プラズマジェットPに向けて原料ガス導入管6が配されており、各領域において原料ガスが導入される。

【0035】このように密閉空間7''は隔壁7dにより、更に小さな空間である密閉領域に分割されるため、前記プラズマジェットPに取り込まれずに押し返された原料ガスは、その直後に前記隔壁7d又は前記周壁7aに衝突することとなる。そのため、原料ガスは前記導入管6から吹き付けられた際の勢いの減少が小さく、比較的強い勢いで再びプラズマジェットPに向けて供給さ

れ、プラズマジェットP内へと取り込まれる原料ガスの量が増加する。

【0036】なお、本実施例では上下の混合領域にそれぞれ原料ガス導入管6を配し、二段階で原料ガスを供給しているため、プラズマジェットP内の原料ガスの濃度をより高めることができるが、下側の混合領域に配された原料ガス導入管6は排除することも可能である。

【0037】更に、図6は本発明の第6実施例である成膜装置16の一部概略を示す縦断面図である。前記成膜装置16は、放電陽極3の外側に有底円筒体8を配して、プラズマジェットPの全外周から原料ガスを供給する第2実施例による成膜装置12における密閉空間7を、上述した第5実施例での隔壁7dにより仕切られた密閉空間7''に変更したものである。なお、前記成膜装置16においても、隔壁7dにより仕切られた密閉空間7''の上下の密閉領域に、それぞれ原料ガス導入管6を配して、三段階で原料ガスを供給することも可能である。

【0038】また、第5実施例の成膜装置15及び第6実施例の成膜装置16は、前記密閉空間7''が一の隔壁7dにより、上下2つの密閉領域に仕切られているが、複数枚の隔壁7dにより更に多段に仕切れることも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図である。

【図2】本発明の第2実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図である。

【図3】本発明の第3実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図である。

【図4】本発明の第4実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図である。

【図5】本発明の第5実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図である。

【図6】本発明の第6実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図である。

【符号の説明】

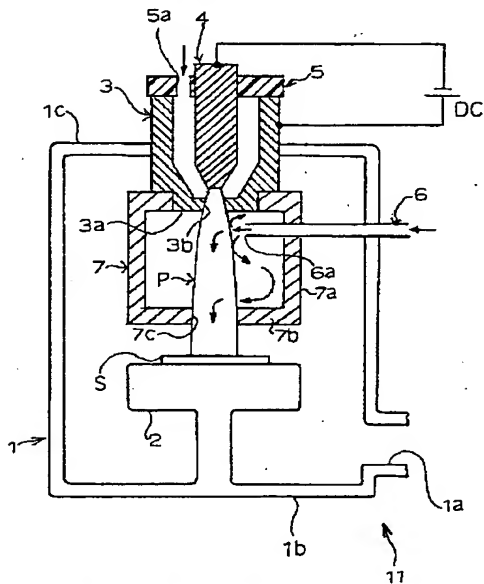
1	成膜室
1a	排気口
1b	床部
1c	上壁部
2	基板支持台
3	放電陽極
3a	底部
3b	開口
4	放電陰極
5	絶縁性部材
5a	キャリアガス導入孔
6	原料ガス導入管
6a	原料ガス吹出口

- 9
7, 7', 7'' 密閉空間
7 a, 7 a' 周壁
7 b 底壁
7 c 出口
7 d 隔壁
7 e プラズマ通過孔
8 有底円筒体

- 10
8 a 開口
8 b 間隙
8 c 原料ガス導入孔
11~16 成膜装置
S 基板
P プラズマジェット
DC 直流電源

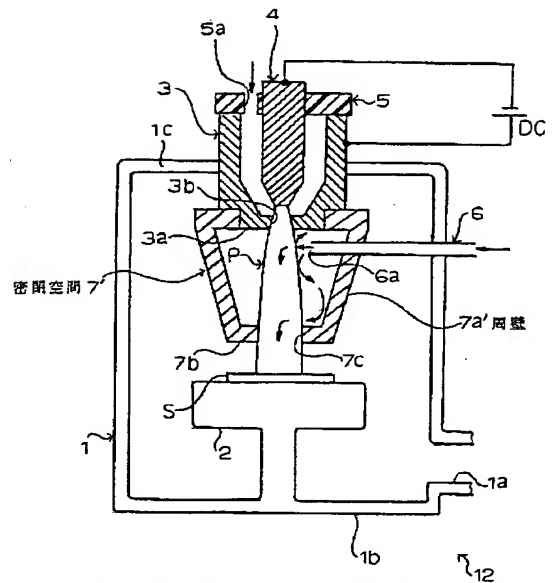
【図 1】

- | | | |
|---------|---------------|------------|
| 1 成膜室 | 4 放電陰極 | 11 成膜装置 |
| 1 a 排気口 | 5 絶縁性部材 | S 基板 |
| 1 b 床部 | 5 a キャリアガス導入孔 | P プラズマジェット |
| 1 c 上壁部 | 6 原料ガス導入管 | DC 直流電源 |
| 2 基板支持台 | 6 a 原料ガス吹出し口 | |
| 3 放電陽極 | 7 密閉空間 | |
| 3 a 底部 | 7 a 周壁 | |
| 3 b 開口 | 7 b 底壁 | |
| | 7 c 出口 | |



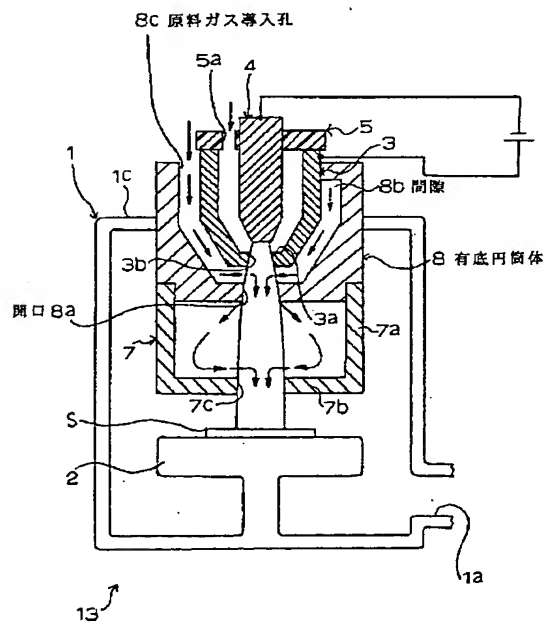
本発明の第 1 実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図

【図 2】



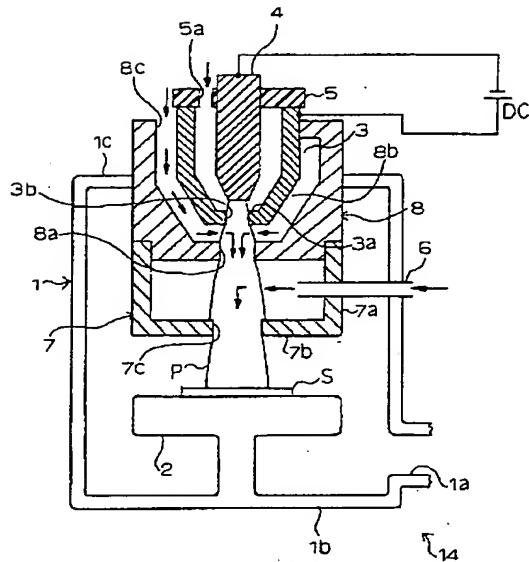
本発明の第 2 実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図

【図 3】



本発明の第 3 実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図

【図 4】



本発明の第4実施例である成膜装置の概略を示す縦断面図

【図 5】